

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-020138

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/22
G02B 6/10

(21)Application number : 08-177663

(71)Applicant : KOIKE YASUHIRO
MITSUBISHI RAYON CO LTD

(22)Date of filing : 08.07.1996

(72)Inventor : KOIKE YASUHIRO
OISHI NORIJI**(54) OPTICAL FIBER****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical fiber which has the ease of production and the ease of handling in connection, etc., similar to those of the optical fibers of a conventional multimode step index type and enables a wider transmission band than the conventional multimode step index type.

SOLUTION: A core Cr1 is formed to a multilayered structure consisting of an outer core 1 inscribing a clad Cd1 and one or plural inner cores 3 disposed in this outer core. The outer peripheral surface of this outer core is provided with a recessed part 2 for changing curvature so as to cause a change in reflection angle in the rays during the course of propagation. The effect obtd. by forming the core to the multilayered structure and the effect obtd. by providing the outer peripheral surface of the core with the curvature changing part are cooperated and the transmission band is effectively widened.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

02.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3883041

[Date of registration]

03.06.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-20138

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 8/22 8/10			G 0 2 B 8/22 8/10	A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-177683

(22) 出願日 平成8年(1996) 7月8日

(71) 出願人 581061048

小池 康博

神奈川県横浜市青葉区市ヶ尾町534の23

(74) 上記1名の代理人 弁理士 高月 遼

(71) 出願人 000008035

三菱レイヨン株式会社

東京都中央区京橋2丁目8番10号

(74) 上記1名の代理人 弁理士 高月 遼

(72) 発明者 小池 康博

神奈川県横浜市青葉区市ヶ尾町534の23

(72) 発明者 大石 則司

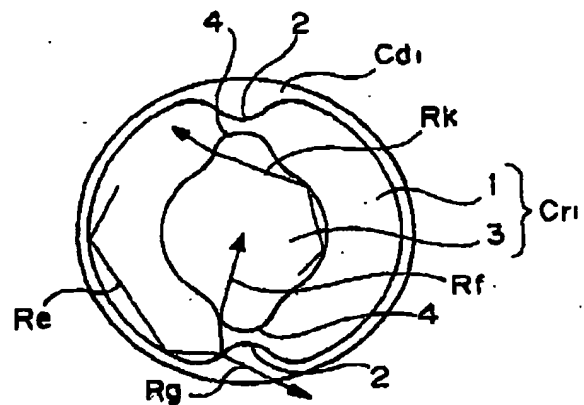
神奈川県横浜市辻堂新町2-12-8 コーポ
イザワ103

(54) 【発明の名称】 光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】従来のマルチモード・ステップインデックス形の光ファイバと同様な製造の容易性や接続などについての取扱いの容易性を持ち、しかも従来のマルチモード・ステップインデックス形に比べ広い伝送帯域を可能とする光ファイバの提供。

【解決手段】コア $C r_1$ をクラッド $C d_1$ に内接のアウトターコア1とこのアウトターコア内に設けられる一つ又は複数のインナーコア3とかなる多層構造とし、且つ伝搬途中の光線に反射角の変化を生じさせるように曲率を変化させる凹部2をアウトターコアの外周面に設けている。このため、コアを多層構造としたことによる効果と、コアの外周面に曲率変化部分を設けたことによる効果とを協働させることができ、効果的に伝送帯域を広げることができる。



(2)

特開平10-020138

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアとこれに外接するクラッドとを有する光ファイバにおいて、前記コアは、クラッドに内接するアウターコアと、このアウターコア内に設けられ且つアウターコアとは異なる屈折率を与えられた一つ又は複数のインナーコアとからなり、且つそのアウターコアは、伝搬途中の光線に反射角の変化を生じさせるように曲率を変化させる部分を外周面に有していることを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】 インナーコアも伝搬途中の光線に反射角の変化を生じさせるように曲率を変化させる部分を外周面に有している請求項1に記載の光ファイバ。

【請求項3】 クラッドの厚みを均一にし、且つこのクラッドに外接する保護層を設けた請求項1又は請求項2に記載の光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、通信用の光ファイバに関し、特にマルチモード形の光ファイバにおける伝送情報量の改善に関する。

【0002】

【従来の技術】通信に用いられる光ファイバには、モードに関してシングルモード形とマルチモード形があり、また屈折率分布の形態に関してステップインデックス形とグラディエントインデックス形があるなど種々のタイプがあり、その各々に特徴がある。中でもマルチモード・ステップインデックス形ファイバ（以下SIファイバと言う）は、例えば数百 μm ～1mm程度のコア径とすることが可能で、光源や受光器との接続やファイバファイバ間の接続などにおける取扱いが容易であること、また同じく大きなコア径が可能なグラディエントインデックス形に比べ製造工程が単純であるため低コストであることなどの理由から、比較的短距離の通信や機器内でのデータ伝送手段として多用されている。

【0003】しかしSIファイバには、伝搬する光線のモードによる伝搬速度が異なる効果、いわゆるモード分散が大きく、これによって入射光パルスの時間幅が伝搬距離の増大に応じて広がり、パルス形状が崩れ易いという現象がある。このためSIファイバは、シングルモード・ステップインデックス形ファイバやグラディエントインデックス形ファイバに比べ、同じ伝送距離における伝送帯域が数百分の1程度と狭く、単位時間に伝送可能な情報量が格段に少ない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、SIファイバにおける上記のような伝送帯域の問題を改善することを目的としており、特にSIファイバにおける上記のような製造の容易性を損なうことなく、伝送帯域を改善することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明による光ファイバは、そのコアが、クラッドに内接するアウターコアと、このアウターコア内に設けられ且つアウターコアとは異なる屈折率を与えられた一つ又は複数のインナーコアとからなり、且つそのアウターコアが、伝搬途中の光線に反射角の変化を生じさせるように曲率を変化させる部分を外周面に有している。

【0006】曲率変化部分を有するアウターコアの外周形状の具体的な態様としては様々な形状が可能である。その代表的な一つは、内側に凸である曲面部、つまり曲面的な凹部を外周面に少なくとも一つ有する形状である。他の代表的な一つは、コアの横断面における外周形状を、例えば楕円形、あるいはなめらかな曲面による角部を複数有する多角形的な形状などのように、外側に凸である曲面のみからなる非円形形状とする形状である。

【0007】上記のような本発明による光ファイバでは、コアをアウターコアとインナーコアからなる多層構造としたことによる効果と、コアの外周面に曲率変化部分を設けたことによる効果とが協働することにより、効果的に伝送帯域を広げることができる。コアをアウターコアとインナーコアからなる多層構造としたことにより伝送帯域の改善を図れる理由は、多層構造として最も単純である図13に示すような構造、つまり断面形状がそれぞれ真円形であるアウターコアAとインナーコアBを同心的に設け、且つインナーコアの屈折率をアウターコアの屈折率より高くした単純多層構造を例にして説明すると、以下の通りである。

【0008】光ファイバを伝搬する光線は、實質的に全てスキューレイ、つまり光ファイバの中心軸を含むメリディオナル面から外れる光線であると見なせる。図13のような単純多層構造の光ファイバにおけるスキューレイには、光ファイバへの入射角度と入射位置とによって、屈折率の高いインナーコアに閉じ込められてインナーコアのみを伝搬する光線Raのような成分、インナーコアの外側でアウターコアのみを伝搬する光線Rbのような成分、それに両コアに跨って伝搬する光線Rcのような成分とがある。

【0009】このような形態の光ファイバの開口数は、コアの屈折率が最も高い部分、すなわちインナーコアとクラッドの屈折率によって決まるため、アウターコアの屈折率をインナーコアとクラッドとのほぼ中間の値とすると、光線Raは同じ開口数のステップインデックス形ファイバのほぼ1/2の開口数を持つ導波路を伝わる光線となり、光線Raの成分のみによる伝送帯域は、同じ開口数のステップインデックス形ファイバのほぼ2倍である。また光線Rcの成分のみによる伝送帯域も光線Raと同様に同じ開口数のステップインデックス形ファイバのほぼ2倍である。

【0010】そして光線Raと光線Rcとについて見れば、光線Rcは光線Raより平均光路長が長くなるが、

(3)

特開平10-020138

一方で、インナーコアの屈折率をアウターコアのそれより大きくしてあるとすれば、光線R_aは屈折率が大きくて伝搬速度の遅い領域のみを伝搬し、光線R_cは屈折率が小さくて伝搬速度の速い領域のみを伝搬する。すなわち光線R_aは、光路長が短いという伝搬速度を相対的に速める要素と、伝搬速度の遅い領域のみを伝搬するという伝搬速度を相対的に遅くする要素を持ち、一方光線R_cは、光路長が長いという伝搬速度を相対的に遅くする要素と、伝搬速度の早い領域のみを伝搬するという伝搬速度を相対的に速める要素を持つ。この結果、インナーコアの径と屈折率を適当に調整することで光線R_aと光線R_cの平均伝搬速度を等しくすることができ、伝送帯域は同じ開口数のステップインデックス形ファイバより大きなものとなる。

【0011】このようにして得られる伝送帯域の改善効果は、モデル計算から求めると、同一開口数の従来のステップインデックス形の光ファイバに比べ、図13のようにインナーコアを単層としてコア全体を2層とする構造の場合であれば、2倍弱程度に伝送帯域を広げることであり、インナーコアを2層としてコア全体を3層とする構造の場合であれば2倍強程度に伝送帯域を広げることである。単純多層構造タイプにおける伝送帯域の改善レベルがこの程度にとどまるのには、光線R_bのような成分があることが大きく影響している。すなわちアウターコアのみを伝搬する光線R_bは、屈折率の小さいアウターコアのみを通過するので平均伝搬速度が速く、光線R_aやR_cのように平均伝搬速度を一致させることができない。また光線R_bは、アウターコアAとクラッドCの界面付近に沿って螺旋に近い光路で伝搬する著しく伝搬速度の遅い成分を含む。この結果、光線R_bがあることにより、伝搬速度の均一化が阻害される。

【0012】以上の説明から理解できるように、多層コア構造の光ファイバについては、光線R_bのような成分をできるだけ減少させることで、伝送帯域をより一層改善することが可能となるが、本発明による光ファイバでは以下のようにしてこのことを実現している。

【0013】本発明による光ファイバを伝搬する光線は、伝搬途中にアウターコアとクラッドの界面で反射する際に、アウターコアにおける凹部などの曲率が変化している部分において主に不規則的に反射角を変化させる。このため図13における光線R_bのような伝搬光路をとり続けることのできる光線はほとんどなくなり、光線の多くは図13における光線R_cのように伝搬するようになる。また光線R_bの内で特に伝搬速度の遅い成分、つまり光線の進行ベクトルが繊維軸となす角度が特に大きい成分はコア外に排除される。この結果、図13における光線R_bのような成分を効果的に減少させることができる。

【0014】本発明におけるアウターコアの外周面に曲率変化部分を設ける構造は、このようメカニズムで伝送

帯域の改善に寄与するが、この他のメカニズムでも伝送帯域の改善に寄与する。すなわち図13における光線R_cのようにインナーコアとアウターコアの両方に跨がって通過する光線は、アウターコアが外周面に曲率変化部分を有するために、伝搬途中でアウターコアとクラッドとの界面における入射のパターンを非周期的つまりランダム的に変化させる。このため伝搬途中でランダム的に速度変化を生じ、このランダム的な速度変化による平均化作用により、伝搬速度の均一化を生じる。そしてこの結果、伝送帯域をさらに改善することができる。

【0015】上記のような本発明による光ファイバについては、インナーコアにもアウターコアと同様に、伝搬途中の光線に反射角の変化を生じさせるように曲率を変化させる部分をその外周面に設けることができる。このようにすると、インナーコアに閉じ込められる光線にも含まれる図13の(a)に示す光線R_dのような成分、つまりインナーコアとアウターコアとの界面付近を螺旋的に伝搬する成分を上記と同様にして効果的に減少させることができるし、またインナーコアに閉じ込められる光線の割合を小さくすることができる。この結果、各光線についての伝搬速度の均一化の程度をより向上させることができる。

【0016】本発明による光ファイバは、以上のように、コアをアウターコアとインナーコアからなる多層構造としたことによる効果と、アウターコアの外周面を曲率変化部分などにより変形させて非真円形としたことによる効果とが協働することで効果的に伝送帯域を広げることができる。モデル計算によると、コアが2層である場合で、同じ開口数の従来のSIファイバに比べ約3倍の伝送帯域を実現可能である。

【0017】本発明による光ファイバは、以上のようにして広い伝送帯域を可能とするが、同時に製造の容易性も持っている。すなわち本発明による光ファイバは、基本的には従来のステップインデックス形の光ファイバで一般的に用いられているのと同様の製造方法で製造することが可能であり、したがってコアが多層であるものの、コアの多層化程度を適当な範囲、例えばインナーコアを一つか二つとすることで、一般的近距離通信で望まれる伝送帯域を満足させ、しかも従来のステップインデックス形の光ファイバにおけるのとそれ程変わらない条件で製造することができる。

【0018】ここで、以上の説明では、アウターコアの屈折率がインナーコアのそれより小さく屈折率が順方向で分布することを前提にしていたが、アウターコアの屈折率をインナーコアのそれより大きくする逆方向分布も可能である。この場合には、インナーコアに閉じ込められる光線はなくせるが、その一方でアウターコアに閉じ込められる光線が生じる。そのため、伝送帯域の改善効果は、順方向分布の場合とほぼ同一である。

【0019】上記のような本発明による光ファイバにつ

(4)

特開平10-020138

いては、クラッドの厚みを均一にし、且つこのクラッドに外接する保護層を設けるようにするのがより好ましく、この保護層の外周形状を円形とすることで、以下のような実用上の要求を満足させることができる。

【0020】本発明による光ファイバは、そのコアが上記のように外周面に凹部を有する外周形状や外側に凸である曲面のみからなる非円形の外周形状を有する。このため、実用上で好ましい円形の形状を光ファイバの外周に与えると、クラッドに厚みの異なる部分を生じることになり、またクラッドの平均的な厚さも厚くなる。このことは、温度変化や湿度変化によるコアとクラッドの界面への影響を増大させる原因となる。したがってクラッドの厚みを均一にすると共にファイバの外周を円形とすることが望まれるが、上記のようにすることでこの要求を満足させることができる。

【0021】またこのような構造は、以下のような付加的な利点ももたらす。すなわち保護層は、屈折率や透明性についての特別な要件を必要としない。したがって保護層については自由に材料を選択することができ、特に耐熱性や撥水性あるいは難燃性などに優れた材料で保護層を形成することにより、ファイバに新たな機能を付加することが可能となる。また保護層を設けることでクラッドを全体として薄くすることができ、クラッド用の材料の使用量を少なくすることが可能となる。しかもファイバとしての物理的強度や耐久性をコアと保護層に負担させることができる。つまりクラッドに対する物理的強度や耐久性などの要件を緩和でき、このためクラッド材の選択幅を広くすることができる。

【0022】

【実施の形態】以下本発明の好ましい実施形態について説明する。図1～図7に示す各実施形態は、何れもアウターコアが外周面に複数の凹部を有するタイプに関し、図8及び図9に示す各実施形態は、何れもアウターコアが外側に凸である曲面のみからなる外周形状を有するタイプに関し、図10に示す実施形態は、保護層を有するタイプに関し、図11及び図12に示す各実施形態は、何れもインナーコアが二つである3層構造のタイプに関する。ここで図1～図12における符号C d₁～C d₁₂は各実施形態による光ファイバのクラッドを示し、符号C r₁～C r₁₂は各実施形態による光ファイバのコアを示している。

【0023】第1の実施形態(図1)；本実施形態による光ファイバのアウターコア1は、内側に凸な曲面部である凹部2を外周面に2個有する。2個の凹部2は、何れも同じ大きさで同じ形状とし、鏡面対称となるように配置する。またインナーコア3は、外側に凸な曲面部である凸部4を外周面に2個有する。この2個の凸部4も凹部2と同様に、何れも同じ大きさで同じ形状とし、鏡面対称となるように配置する。そしてさらにコア全体でも鏡面対称を持つような関係をアウターコア1とインナ

ーコア3に与える。このようにすることにより、温度変化や湿度変化に対する耐久性を高めることができる。

【0024】第2の実施形態(図2)；本実施形態による光ファイバは、そのアウターコア1とインナーコア3の関係が90°回転している点を除いて、基本的には第1の実施形態と同じである。

【0025】第3の実施形態(図3)；本実施形態は、第1の実施形態と同様の凹部2を3個有するアウターコア6に第1の実施形態と同様の凸部4を3個有するインナーコア8を組み合わせたタイプで、この場合にも凹部2や凸部4に関して鏡面対称を持つようにする。

【0026】第4の実施形態(図4)；本実施形態による光ファイバは、そのアウターコア5とインナーコア6の関係が60°回転している点を除いて、基本的には第3の実施形態と同じである。

【0027】第5の実施形態(図5)；本実施形態による光ファイバのアウターコア7は、外周面に凹部8を12個有しており、上記各実施形態における各アウターコアに比べ凹凸の変化周期が小さい。このためアウターコア7の断面形状は比較的眞円に近い形状となる。またそのインナーコア8は、外周面に凸部9を6個有し、同様にその断面形状は比較的眞円に近い形状となっている。このようにアウターコアやインナーコアの形状が眞円に近いことは、ファイバ同士を接続する場合のコアの重なりロスを少なくできるという利点がある。このことは凹部の個数を選択する上で一つの要件となる。したがって凹部の個数は、この要件と例えば製造性などの他の要件とを総合的に考慮して適宜に選択するのが好ましい。

【0028】第6の実施形態(図6)；本実施形態による光ファイバは、第5の実施形態におけるのと同様のアウターコア7に断面形状が眞円形であるインナーコア10を組み合わせたタイプである。

【0029】第7の実施形態(図7)；本実施形態は、外周面に凹部11を6個有するアウターコア12に楕円形のインナーコア13を組み合わせたタイプである。

【0030】第8の実施形態(図8)；本実施形態による光ファイバは、そのアウターコア14の外周形状が外側に凸である曲面のみからなる楕円形をしており、そのインナーコア15も同様に楕円形である。

【0031】第9の実施形態(図9)；本実施形態による光ファイバは、そのアウターコア16がなめらかな曲面による角部を3個有する三角形的な形状の外周形状を有し、そのインナーコア17は眞円形である。

【0032】第10の実施形態(図10)；本実施形態は、クラッドC d₁₀の外周に保護層18を有するタイプである。この場合にはそのクラッドC d₁₀は、厚みを均一とし、伝搬光の全反射のための機能を損なわない範囲で全体として薄くする。本実施形態では一例として凹部19を6個有するアウターコア20と凸部21を6個有するインナーコア22の組み合わせとしているが、上記

(5)

特開平10-020138

及び下記各実施形態におけるアウターコアとインナーコアの組み合わせなどについても同様に保護層を設けることが可能である。

【0033】第11の実施形態（図11）；本実施形態では、第1の実施形態におけるのと同様なアウターコア1の中に第1のインナーコア23と第2のインナーコア24を入れ子式に設け、そのコアC_{r11}を3層構造としている。そしてアウターコア22の外周面に第1の実施形態と同様な凹部2を2個設け、第1のインナーコア23の外周面に凹部2と凸部4を2個ずつ設け、第2のインナーコア24の外周面に凸部4を2個設けている。

【0034】第12の実施形態（図12）；本実施形態の光ファイバは、第11の実施形態と同様にそのコアC_{r12}が3層構造で、第3の実施形態におけるのと同様なアウターコア5の中に外周面に凹部25と凸部26を3個ずつ有する第1のインナーコア27と第3の実施形態におけるインナーコアと同様な第2のインナーコア28を入れ子式に設けている。

【0035】以上の各実施形態による光ファイバにおいて、外周面を曲率変化部分などにより変形させてアウターコアの形状を非真円形としたことで伝送帯域が改善される理由は、第1の実施形態による光ファイバと第2の実施形態による光ファイバを例にとると、以下の通りである。クラッドとコアの界面に沿うような状態の光線R_e（図1）があっても、この光線R_eは、凹部2で反射する際にその反射方向を変化させてコアの中心近辺を通過するような光線R_fとなるか、あるいはクラッド側に透過して外部に排除される光線R_gとなる。この結果、図13における光線R_bのような成分は実質的に存在なくなり、これに応じて伝送帯域を改善できる。

【0036】またこのようにして本発明による光ファイバを伝搬する光線は、インナーコアの屈折率がアウターコアのそれより大きい場合であれば、インナーコアとアウターコアの同方に隣り合って通過する光線とインナーコアに閉じ込められる光線の何れかとなるが、前者の光線は、図2に示す光線R_hのように、伝搬途中でアウターコアとクラッドとの界面やアウターコアとインナーコアとの界面における入反射のパターンを非周期的に変化させる。この結果、各光線について伝搬速度を効果的に均

一化させることができる。

【0037】さらに光線R_eについて説明した現象は、凸部や凹部を有するインナーコアでも生じ、これによりインナーコアとアウターコアの界面付近を螺旋的な伝搬光路で伝搬する伝搬速度の遅い光線を減少させることができると共に、インナーコアに閉じ込められそうな光線が図1の光線R_kのようにしてインナーコアから抜け出す機会を得ることでインナーコアに閉じ込められる光線を減少させることができ、このことも伝搬速度の均一化に寄与する。

【0038】

【発明の効果】以上説明してきた如く、本発明によると、実質的なコストアップ要因を伴うことなくマルチモード・ステップインデックス形ファイバの伝送帯域を改善することができ、マルチモード・ステップインデックス形ファイバの有用性をさらに高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図2】第2の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図3】第3の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図4】第4の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図5】第5の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図6】第6の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図7】第7の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図8】第8の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図9】第9の実施形態による光ファイバの横断面図。
【図10】第10の実施形態による光ファイバの横断面図。

【図11】第11の実施形態による光ファイバの横断面図。

【図12】第12の実施形態による光ファイバの横断面図。

【図13】従来のSIファイバの横断面図。

【符号の説明】

Cd₁ ~ Cd₁₈ クラッド

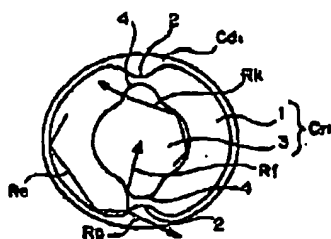
C_{r1} ~ C_{r12} コア

2, 8, 11, 19 凹部（曲率変化部分）

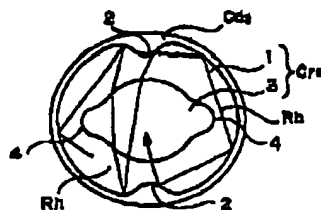
4, 9, 21, 26 凸部（曲率変化部分）

18 保護層

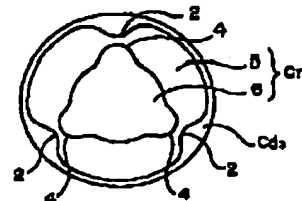
【図1】



【図2】



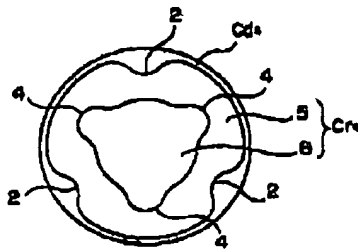
【図3】



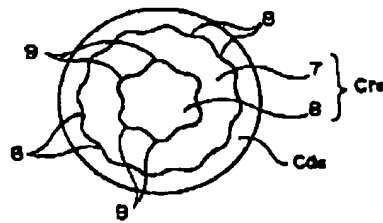
(6)

特開平10-020138

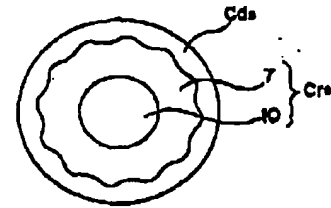
【図4】



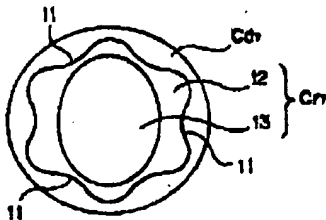
【図5】



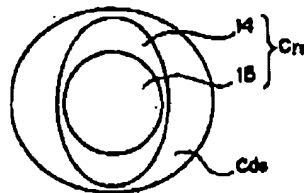
【図6】



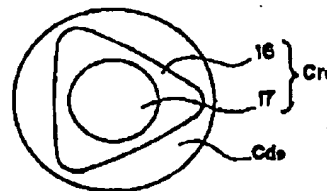
【図7】



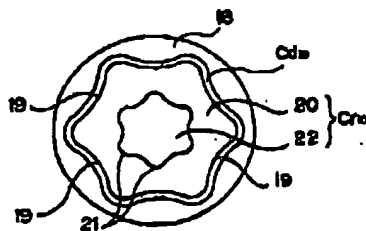
【図8】



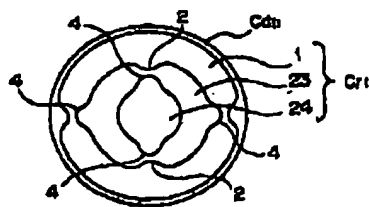
【図9】



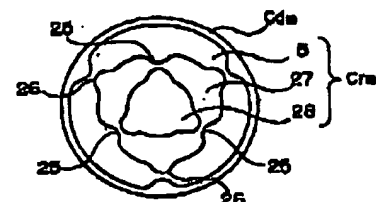
【図10】



【図11】



【図12】



(7)

特開平10-020138

【図13】

